

5/ptb

1

**"Machine électrique tournante et procédé de fabrication d'un
organe la constituant"**

L'invention concerne une machine électrique tournante du type qui comporte un rotor et un stator sur lesquels sont réalisés des bobinages électriques.

L'invention propose aussi un procédé de fabrication d'un rotor et d'un stator pour une machine électrique tournante.

De façon connue, les machines électriques tournantes comportent un rotor et un stator sur chacun desquels peut être réalisé un bobinage électrique.

La machine électrique tournante peut être un alternateur qui permet de transformer un mouvement de rotation du rotor en un courant électrique. La machine électrique peut aussi être un moteur qui permet de transformer un courant électrique qui traverse un bobinage du rotor en un mouvement de rotation du rotor. La machine peut être réversible et donc transformer l'énergie mécanique en énergie électrique et vice versa.

Chaque bobinage électrique consiste en un enroulement d'au moins un élément conducteur électrique qui est revêtu d'une couche en matériau isolant électrique. En section transversale, un bobinage est donc constitué d'une juxtaposition horizontale et verticale de tronçons de l'élément conducteur électrique.

De façon connue, le stator d'une machine électrique tournante comporte un corps muni intérieurement d'une série d'encoches axiales ou hélicoïdales ouvertes radialement, et débouchantes axialement. De telles encoches sont visibles par exemple dans le document FR A 2 603 429 (US A 4 908 541). De manière classique le corps est métallique en étant formé par un paquet de tôles. Chaque encoche reçoit une série de tronçons d'élément(s) conducteur(s) appartenant à un bobinage d'un enroulement statorique. Le bobinage comporte des brins axiaux reçus dans les encoches et reliés entre eux par des brins transversaux en forme de boucles constituant des têtes de bobine, aussi appelées chignons.

En général l'alternateur est du type triphasé et le stator comporte trois bobinages. En variante l'alternateur est du type hexaphasé.

Lors de la fabrication du stator, les brins axiaux des
5 éléments conducteurs revêtus sont comprimés transversalement à l'intérieur des encoches de façon à augmenter leur remplissage, puis ils sont maintenus par exemple par une cale de fermeture d'encoches.

De façon à assurer un fonctionnement optimal de la
10 machine électrique tournante, il est préférable que le bobinage forme un bloc suffisamment rigide avec le stator, pour notamment limiter les vibrations et les bruits, et ainsi résister durant toute la période d'utilisation de la machine électrique tournante. Le bloc doit cependant être suffisamment souple pour
15 limiter le bruit magnétique.

Le procédé connu de fabrication consiste à imprégner le bobinage ainsi réalisé d'un vernis, dans le but de le rigidifier et de le lier au stator.

L'imprégnation peut être obtenue par immersion du stator
20 dans un bain de vernis ou par versement du vernis sur et entre les brins axiaux et transversaux.

Pour provoquer le durcissement du vernis, le stator qui est équipé du bobinage est chauffé dans une étuve à une température suffisamment élevée.

25 Cependant, la viscosité du vernis ainsi que le contact entre certains tronçons des brins du bobinage ne permettent pas au vernis de remplir de façon optimale certains interstices existants.

Un tel procédé présente plusieurs inconvénients.

30 L'imprégnation partielle du bobinage ne permet pas aux éléments conducteurs de former un bloc suffisamment rigide. La tenue mécanique et vibratoire du stator n'est pas optimale. Par conséquent le bruit émis par la machine n'est pas minimal.

C'est un procédé qui est long, l'imprégnation du bobinage
35 et le durcissement du vernis dure plusieurs dizaines de minutes. De plus, le procédé est difficile à maîtriser et nécessite des

installations coûteuses, telles que des étuves, qui consomment de grandes quantités d'énergie. Il provoque aussi des émissions de vapeur polluantes, notamment lors du chauffage du vernis.

Les tolérances dimensionnelles du stator, notamment des chignons, sont importantes. En effet, le positionnement des brins transversaux de l'élément conducteur électrique n'est pas correctement maîtrisé. Ils peuvent bouger entre le moment auquel les brins axiaux sont reçus dans les encoches du corps du stator, et le moment auquel le vernis est durci. Il est donc nécessaire de prévoir des jeux de fonctionnement importants autour des chignons du stator pour que, d'une part, les brins transversaux ne frottent pas sur la carcasse de la machine électrique tournante, ce qui provoquerait une usure de la couche isolante puis un court-circuit et, d'autre part, pour supprimer tout risque d'arrachement des brins transversaux par le rotor lors de sa rotation.

Le mouvement des brins transversaux provoque aussi une diminution de la densité des chignons.

De façon à diminuer le risque de court-circuit entre l'élément conducteur et le corps du stator, une feuille en matériau isolant électrique est interposée entre chaque paroi délimitant une encoche et les brins axiaux adjacents de l'élément conducteur situés dans cette encoche.

La diminution du risque de court-circuit entre l'élément conducteur et le corps du stator peut aussi être obtenue par une couche de protection telle qu'une couche en époxy. Cette couche de protection est interposée entre chaque paroi délimitant une encoche et des brins axiaux adjacents des éléments conducteurs situés dans cette encoche.

Pour assurer une bonne tenue mécanique et vibratoire de la bobine, il est préférable qu'elle soit immobilisée par rapport au corps du stator, c'est-à-dire que la feuille en matériau isolant soit liée à la paroi délimitant l'encoche et aux brins axiaux avec lesquels elle est en contact. Ainsi, en général, des trous sont réalisés dans la feuille de façon à

permettre le passage du vernis pour qu'il s'infiltré entre la paroi délimitant l'encoche et la feuille en matériau isolant.

Le chauffage du stator permet le durcissement du vernis et, par conséquent, l'immobilisation de la feuille isolante par rapport aux brins axiaux avec lesquels elle est en contact et par rapport à l'encoche.

Cependant, il est fréquent que la quantité de vernis qui permet ces liaisons, notamment celle qui s'infiltré entre la paroi délimitant l'encoche et la feuille en matériau isolant, soit insuffisante pour assurer la fixation de ces éléments. Les vibrations provoquées par leur mouvement par rapport au corps du stator augmentent le bruit de la machine électrique tournante et diminuent son rendement.

Lorsque la quantité de vernis est insuffisante entre la paroi délimitant l'encoche, la feuille en matériau isolant et l'élément conducteur les échanges thermiques sont diminués ce qui provoquent une diminution du rendement de la machine électrique tournante.

À l'inverse, lorsque la quantité de vernis est trop importante, la raideur globale des fils avec le corps du stator n'est pas optimale, il en résulte un bruit magnétique induit par les efforts magnétiques.

De plus, la raideur des vernis couramment utilisés varie en fonction de la température. Ainsi, plus la température du vernis est élevée plus le bruit magnétique émis par la machine électrique tournante est faible.

Par conséquent, le procédé connu ne permet pas la réalisation d'un stator assurant un fonctionnement optimal à la machine électrique tournante.

Le bobinage du rotor de la machine électrique tournante est généralement réalisé dans un corps de bobine, en matière plastique isolante électrique, consistant en un élément annulaire dont une demi-section axiale à la forme d'un U comme visible par exemple à la figure 1 du document FR A 2 603 429 précité.

Le corps de bobine permet de guider l'élément conducteur électrique lors de son enroulement. Cependant il est fréquent que les ailes transversales du corps de bobine s'écartent légèrement l'une de l'autre, provoquant ainsi un mauvais bobinage. L'élément conducteur électrique peut se prendre dans les ailes transversales surélevée de pétales. Lors du transport avant l'imprégnation de vernis, il peut aussi se produire un affaissement partiel radial de certains tronçons de l'élément conducteur électrique du bobinage qui écarte les flancs du corps de bobine et provoque son élargissement. Ainsi lorsque l'on vient intercaler le bobinage réalisé entre les deux roues polaires, l'élargissement est compacté ce qui risque de détruire la couche isolante électrique, notamment celle des brins axiaux du conducteur, et ainsi créer des contacts entre eux qui provoquent une perte de résistance. De plus, l'élargissement radial peut empêcher le contact entre le noyau sur lequel sont montées le bobinage et les deux roues polaires, ce qui crée un entrefer parasite du noyau par rapport aux roues polaires, et par conséquent une perte de puissance et de rendement de la machine électrique tournante.

Du vernis est ensuite déposé sur le bobinage puis est durci en figeant ainsi les défauts du bobinage.

De plus, le corps de bobine, généralement en plastique, forme un écran thermique entre le bobinage, le noyau, et les roues polaires, ce qui gêne le transfert et la dissipation de la chaleur produite par le passage du courant dans l'élément conducteur électrique et diminue le rendement de la machine électrique tournante.

Le vernis permet notamment de réaliser la tenue mécanique des tronçons adjacents de l'élément conducteur électrique entre eux, ainsi la fixation du corps de bobine sur le noyau et les roues polaires.

Dans le but de remédier à ces inconvénients, l'invention propose une machine électrique tournante du type qui comporte au moins un organe sur lequel est réalisé au moins un bobinage électrique comprenant au moins un élément conducteur électrique

qui est enroulé de façon à former le bobinage, et qui est revêtu d'au moins une couche en matériau isolant électrique, caractérisé en ce que préalablement à l'étape d'enroulement, l'élément conducteur revêtu est enrobé d'une couche de liaison
5 qui comporte au moins un premier matériau de liaison qui permet de lier entre eux des tronçons adjacents d'élément conducteur électrique enrobé, en ce qu'une feuille isolante électrique est interposée entre le bobinage et l'organe sur lequel est réalisé le bobinage et en ce que la feuille isolante comporte un élément
10 de structure isolant électrique dont au moins une des faces est au moins partiellement enduite d'un second matériau de liaison de façon à lier la feuille isolante au bobinage et/ou à l'organe sur lequel est réalisé le bobinage.

Grâce à l'invention, on obtient un remplissage optimal
15 des interstices existants entre les brins du bobinage et une isolation électrique entre le bobinage et l'organe sur lequel est monté le bobinage.

Grâce au second matériau de liaison, on renforce le remplissage desdits interstices et/ou la liaison avec ledit
20 organe en sorte que les performances de la machine sont augmentées.

De préférence l'élément de structure est imprégné, c'est-à-dire enduit sur ses deux faces, au moins partiellement par le second matériau de liaison pour une optimisation maximale en
25 sorte que l'on obtient une bonne tenue mécanique et vibratoire de la bobine. La bobine est ainsi immobilisée par rapport à son organe associé tout en formant un bloc robuste sans mouvement relatif entre ses brins d'éléments électriquement conducteurs et ledit organe associé.

30 En outre la feuille isolante est parfaitement immobilisée et peut être de faible épaisseur, aucun trou n'étant à réaliser dans celle-ci, en sorte que l'on peut augmenter la matière de l'élément électriquement conducteur et les performances de la machine.

35 Avantageusement la feuille isolante est fine et thermiquement conductrice pour bien évacuer la chaleur vers

l'organe concerné thermiquement conducteur, en sorte que l'on optimise encore les performances de la machine.

Le second matériau de liaison est compatible chimiquement et thermiquement avec le premier matériau de liaison.

5 Selon d'autres caractéristiques de l'invention :

- le second matériau de liaison est identique au premier matériau de liaison pour une coopération la plus intime possible entre ceux-ci et un meilleur contrôle des températures ; les éléments de liaison réagissant de la même manière ;

10 - l'élément de structure est une feuille de papier isolant électrique ;

- l'élément de structure est du tissu isolant électrique ;

15 - l'un au moins des matériaux de liaison comporte un polymère ;

- le polymère est du type thermodurcissable pour une plus grande fiabilité et une plus grande durée de vie de la machine électrique ;

20 - le polymère est du type thermoplastique dont la température de fusion est supérieure à la température maximale de fonctionnement de la machine électrique tournante ;

- l'organe sur lequel est réalisé au moins un bobinage est un stator ;

25 - l'organe sur lequel est réalisé au moins un bobinage est un rotor ;

- la machine est un alternateur ;

- la machine est un moteur électrique.

L'invention propose aussi un procédé de fabrication d'un organe d'une machine électrique tournante comprenant un organe sur lequel est réalisé au moins un bobinage électrique comprenant au moins un élément conducteur électrique qui est enroulé de façon à former le bobinage, et qui est revêtu d'au moins une couche en matériau isolant électrique, du type qui comporte une étape d'enroulement de l'élément conducteur de façon à former le bobinage électrique, caractérisé en ce que, 35 préalablement à l'étape d'enroulement, l'élément conducteur

revêtu est enrobé d'une couche de liaison qui comporte au moins un premier matériau de liaison qui permet de lier entre eux des tronçons adjacents d'élément conducteur électrique enrobé, en ce que l'étape d'enroulement est suivie d'une étape de changement
5 d'état du matériau de liaison qui provoque son ramollissement ou sa fusion pour qu'il remplisse au moins partiellement les interstices existants entre les tronçons adjacents de l'élément conducteur puis qui provoque à nouveau sa solidification et lie entre eux les tronçons adjacents de l'élément conducteur, en ce
10 qu'une feuille isolante électrique qui comporte un élément de structure au moins partiellement enduit ou imprégné d'un second matériau de liaison est interposée entre le bobinage et l'organe sur lequel est réalisé le bobinage, et en ce que lors de l'étape changement d'état, le second matériau de liaison est ramolli ou
15 fondu puis est solidifié à nouveau, et lie entre eux la feuille isolante et des tronçons adjacents de l'élément conducteur et/ou l'organe sur lequel est réalisé le bobinage le bobinage.

Selon d'autres caractéristiques du procédé de fabrication d'un organe d'une machine électrique tournante :

- 20 - l'un au moins du premier ou du second matériau de liaison comporte un polymère, et l'étape de changement d'état provoque sa polymérisation ;
- concomitamment à l'étape de changement d'état, on effectue une mise en forme déterminée du bobinage au moyen d'un
25 outil de conformage qui exerce un effort sur au moins une zone du bobinage de façon à la déformer ;
- on effectue une mise en forme déterminée du bobinage au moyen d'un outil de conformage qui exerce au moins un effort radial sur au moins une zone annulaire axiale du bobinage de
30 façon à la déformer et à déterminer au moins un diamètre du bobinage ;
- on effectue une mise en forme déterminée du bobinage au moyen d'un outil de conformage qui exerce un effort axial sur au moins une zone annulaire radiale du bobinage de façon à la
35 déformer et à déterminer la dimension axiale du bobinage ;

- on effectue une mise en forme déterminée du bobinage au moyen d'un outil de conformage qui exerce un effort sur une face périphérique annulaire du bobinage de façon à la conformer selon une forme convexe ;

5 - on effectue une mise en forme déterminée du bobinage au moyen d'un outil de conformage qui déforme le bobinage de façon à réaliser au moins une empreinte sur une face périphérique, notamment un creux réalisé sur une face périphérique annulaire
10 d'une roue polaire, lorsque l'organe est un rotor et que la machine électrique tournante est un alternateur ;

- l'étape de changement d'état comporte une étape de chauffage de la couche de liaison à une température de durcissement supérieure ou égale à la température de fusion du
15 premier matériau de liaison, de façon à le faire fondre pour qu'il remplisse au moins partiellement les interstices existants entre les tronçons adjacents de l'élément conducteur, et une étape de refroidissement au cours de laquelle le premier matériau de liaison se solidifie à nouveau et lie entre eux les
20 tronçons adjacents de l'élément conducteur ;

- lors de l'étape de chauffage, le second matériau de liaison qui enduit ou imprègne l'élément de structure de la feuille est porté à une température supérieure à sa température de fusion, et lors de l'étape de refroidissement, le second
25 matériau de liaison se solidifie à nouveau et lie entre eux la feuille isolante et des tronçons adjacents de l'élément conducteur et/ou l'organe sur lequel est réalisé le bobinage ;

- concomitamment à l'étape de refroidissement, on effectue une mise en forme déterminée du bobinage au moyen d'un
30 outil de conformage qui exerce un effort sur au moins une zone du bobinage de façon à la déformer ;

- l'étape de chauffage consiste, pour réduction de la durée de celle-ci, à échauffer l'élément conducteur électrique, au moins partiellement, par effet Joule de façon à porter la
35 température d'au moins un des matériaux de liaison à une

température supérieure ou égale à sa température de durcissement ;

- l'étape de chauffage consiste à échauffer l'élément conducteur électrique, au moins partiellement, par induction en plaçant le bobinage dans un champ magnétique, de façon à porter la température d'au moins un des matériaux de liaison à une température supérieure ou égale à sa température de durcissement ;

- l'étape de chauffage consiste à chauffer au moins un des matériaux de liaison, au moins partiellement, par étuvage de façon à porter la température d'au moins un des matériaux de liaison à une température supérieure ou égale à sa température de durcissement ;

- l'étape de changement d'état consiste à projeter une substance réactive telle que de l'alcool sur au moins l'un des matériaux de liaison, de façon qu'elle provoque son ramollissement ou sa fusion puis qu'elle provoque à nouveau sa solidification.

Suivant une autre caractéristique l'étape de chauffage est précédée d'une étape de préchauffage de l'organe concerné, pour réduire les gradients de température apparaissant lors de l'opération de chauffage.

Dans tous les cas la température atteinte pendant la phase de préchauffage au niveau du bobinage concerné pourra être inférieure ou égale à la température de durcissement de l'élément de liaison.

Grâce au préchauffage la feuille électriquement isolante peut être très fine tout en étant thermiquement conductrice ce qui permet encore de minimiser l'encombrement du rotor et/ou d'augmenter le bobinage, ainsi que d'optimiser encore le transfert thermique vers l'organe concerné tout en assurant une liaison optimale des tronçons adjacents de l'élément électriquement conducteur.

Bien entendu dans tous les cas, la couche électriquement isolante est choisie de telle manière qu'elle ne soit pas

détruite lors de l'étape de chauffage et/ou de préchauffage. Il en est de même de la feuille électriquement isolante.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui suit
5 pour la compréhension de laquelle on se reportera aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue en demi-section axiale d'un alternateur réalisé conformément à l'invention ;

10 - la figure 2 est une vue en section transversale partielle à grande échelle d'un enroulement d'un élément conducteur revêtu d'une couche de matériau isolant électrique d'un stator selon l'état de la technique ;

- la figure 3 est une vue similaire à celle représentée la figure 2, le bobinage électrique ayant été imprégné de vernis
15 selon l'état de la technique ;

- la figure 4 est une vue en coupe longitudinale d'un rotor selon l'état de la technique ;

- la figure 5 est une vue similaire à celle représentée à la figure 2, l'élément conducteur revêtu étant enrobé d'une
20 couche de liaison selon l'invention ;

- la figure 6 est une vue en section longitudinale d'un stator placé dans un outil de conformage ;

- la figure 7 est une vue similaire à celle représentée à la figure 6, l'outil de conformage ayant déformé les chignons du
25 stator ;

- la figure 8 est une vue similaire à celle représentée à la figure 5, la couche de liaison ayant rempli les interstices existants et lient entre eux les tronçons de l'élément conducteur ;

30 - la figure 9 est une vue en perspective d'un bobinage de rotor selon l'invention ;

- la figure 10 est une vue en coupe longitudinale d'un bobinage de rotor selon l'invention ;

les figures 11 à 14 sont des vues schématiques qui
35 illustrent des exemples de réalisation de dispositifs qui

permettent de réaliser l'étape de préchauffage du noyau du rotor selon l'invention.

Dans la suite de la description, afin de faciliter la compréhension de la description, une orientation avant arrière sera utilisée conformément à l'orientation de droite à gauche de la figure 1.

On a représenté à la figure 1, un alternateur 10 constitué principalement d'un carter 12 en deux parties portant intérieurement deux organes principaux qui sont un stator 14 et un rotor 16 comme décrit par exemple dans le document US A 527 605 (EP B 0 515 259) auquel on se reportera pour plus de précisions.

Le stator 14 entoure le rotor 16 qui est solidaire d'un arbre 18 sur l'extrémité arrière duquel deux bagues collectrices 20 sont fixées, tandis qu'une poulie (non référencée) est solidaire de l'extrémité avant de l'arbre 18. Cette poulie est destinée à recevoir une courroie faisant partie d'un dispositif de transmission de mouvement entraîné par le moteur à combustion interne du véhicule automobile.

Le stator 14 est composé d'un corps 22 qui est ici constitué principalement par un empilement axial de tôles 24 transversales en fer doux.

Une face annulaire intérieure 26 du corps 22 comporte des encoches axiales 28, dont une seule est représentée partiellement à la figure 1, qui s'étendent radialement vers l'extérieur et qui reçoivent des brins axiaux 30 d'un bobinage électrique 32. Les encoches sont ouvertes vers l'intérieur comme visible par exemple dans le document FR A 2 603 429.

Le bobinage électrique 32 est par exemple constitué par l'enroulement en spires d'un élément conducteur électrique, ici un fil de cuivre, qui est revêtu d'au moins une couche en matériau isolant électrique par exemple un polyester en deux couches l'une du type polyimide, l'autre du type polyamide imide.

La figure 2 représente à grande échelle, selon une section transversale, une partie d'un enroulement de l'élément

conducteur 34 revêtu d'une couche 36 de matériau isolant électrique, avant l'imprégnation de vernis conformément à un procédé selon l'état de la technique.

La figure 3 est une vue similaire à celle représentée à la figure 2, le bobinage électrique 32 ayant été imprégné de vernis 38 et ayant été chauffé de façon à le durcir. Cette figure illustre le remplissage inégal par le vernis 38 des interstices 40 et 42 existants entre des tronçons adjacents des brins axiaux 30. Ainsi, certains interstices 40 sont correctement remplis, assurant alors une bonne fixation des tronçons adjacents des brins axiaux 30 tandis que d'autres interstices 42 présentent une absence partielle ou totale de vernis 38, les tronçons adjacents situés autour de tels interstices 42 n'étant pas correctement fixés entre eux. Ainsi lors du fonctionnement de l'alternateur 10, ces éléments vont vibrer et provoquer d'une part l'augmentation du niveau sonore de fonctionnement de l'alternateur 10 et, d'autre part, une usure des couches 36 de matériau isolant électrique qui augmente le risque de court-circuit. La non-homogénéité de remplissage des interstices diminue aussi les échanges de chaleur et par conséquent le rendement de l'alternateur 10.

Une feuille 44 isolante électrique est interposée entre le bobinage électrique 32 et le corps 22 du stator 14 elle permet de diminuer ou de supprimer les risques de court-circuit entre le bobinage 32 et le corps 22.

Pour réduire le niveau sonore de l'alternateur 10, il est nécessaire d'immobiliser la feuille isolante 44 par rapport au bobinage électrique 32 et au corps 22. Pour ce faire, il est connu dans l'état de la technique de réaliser des trous 46 qui traversent la feuille 44 de façon à permettre au vernis 38 de la traverser et de s'infiltrer entre la paroi 49 de l'encoche axiale 28 en vis-à-vis de la feuille isolante 44.

Cependant, les trous 46 ne sont pas suffisants pour assurer une fixation correcte de la feuille isolante 44 par rapport à l'encoche axiale 28.

Les brins axiaux 30 sont prolongés par des brins de jonction 48 qui forment des chignons 39 s'étendant en saillie de part et d'autre du corps 22 du stator 14, conformément à la figure 1.

5 En variante, il est fait appel à des épingles de section circulaire ou rectangulaire montées dans les encoches axiales 28 du stator 14 comme décrit dans le document WO-92/06527. En variante quatre éléments électriquement conducteur sont montés radialement à superposition par encoche.

10 Le rotor 16 est ici un rotor à griffes qui est constitué par un bobinage électrique 62 cylindrique qui est monté entre deux plateaux 64 et 66 métalliques comportant chacun des griffes 68 et 70 respectivement, qui s'étendent axialement en direction de l'autre plateau 66 et 64. Chaque ensemble plateau-griffes
15 constitue une roue polaire ici en acier magnétique. Suivant une caractéristique un noyau 67, ici également en acier magnétique, est intercalé axialement entre les plateaux 66,64. Le noyau 67 est de forme annulaire d'orientation axiale en étant ici en forme d'une rondelle épaisse. Ce noyau 67 est ici distinct des
20 roues polaires pour faciliter l'enroulement de l'élément électriquement conducteur sur le noyau sans que les griffes 68,70 gênent. Chaque roue polaire est fixée sur l'arbre à la faveur de parties moletées de l'arbre, dont une sert à la fixation du noyau 67. Les griffes 68 et 70 sont décalées
25 angulairement l'une par rapport à l'autre de façon qu'une griffe 68 du plateau 64 s'intercale entre deux griffes 70 adjacentes du plateau 66, et inversement. Pour plus de précisions, on se reportera au document EP-B-0.515.259 montrant également les autres constituants de l'alternateur. L'alternateur est donc ici
30 à ventilation interne, chaque plateau 64,66 portant un ventilateur respectivement 102,104 adjacent à la partie concernée du carter. Chaque partie de carter 12 est ajourée pour circulation de l'air et porte centralement un roulement à billes pour support respectivement de l'extrémité avant et arrière de
35 l'arbre 18. Ainsi l'une de ces parties est appelée palier avant (celle adjacente à la poulie) et l'autre palier arrière. Le

palier arrière porte un agencement de redressement du courant produit par le stator et un porte-balais coopérant avec les bagues collectrices 20. Il est en outre prévu un capot de protection (non représenté) coiffant le porte-balais, connecté de manière connue à un dispositif de régulation, et l'agencement de redressement doté de diodes. Les paliers avant et arrière sont métalliques en étant de forme creuse délimitée par un flasque transversal portant le roulement à billes concerné et par un rebord périphérique d'orientation axiale intérieurement épaulé pour porter l'empilement de tôles 24 du stator. Les flasques et les rebords, de manière connue, présentent des ouvertures pour circulation de l'air. Ainsi les rebords présentent des ouvertures en regard des extrémités axiales 39 du bobinage 32, appelées chignon, s'étendant en saillie axiale par rapport au corps 22 du stator 14, tandis que les flasques présentent des ouvertures en regard des pales des ventilateurs 102, 104. Ces paliers sont reliés à fixation à l'aide de vis ou de tirants comme visible par exemple à la figure 1 du document EP B 0 515 259 précité. En variante un unique ventilateur est implanté à l'extérieur au niveau de la poulie.

Selon l'état de la technique, le bobinage électrique 62 est réalisé dans un corps de bobine 65 (représenté à la figure 4) en matière plastique qui permet le guidage de l'élément conducteur revêtu 34, ici également en cuivre, et qui est fixé, par exemple par emmanchement à force, directement sur un noyau 67 en acier magnétique représenté à la figure 4.

La demi-vue inférieure représentée à la figure 4 illustre l'élargissement axial du corps de bobine 65 du à l'affaissement partiel radial de certains tronçons de l'élément conducteur électrique.

Le bobinage électrique 62 du rotor 16 est réalisé selon l'état de la technique et il présente les inconvénients décrits précédemment.

L'invention propose, pour les bobinages 32 et 62 du stator 14 et du rotor 16 respectivement, d'utiliser des éléments conducteurs 34 qui sont revêtus par avance d'une couche 36 en

matériau isolant électrique et qui sont enrobés d'une couche 72 de liaison ou de fixation comportant au moins un matériau de liaison 73 qui permet de lier entre eux les tronçons adjacents de l'élément conducteur électrique 34 enrobé.

5 La figure 5 représente une section transversale partielle d'un bobinage électrique 32 d'un stator 14 réalisé selon l'invention.

 Suivant une autre caractéristique, la feuille isolante 44 comporte un élément de structure 74 isolant électrique, tel que
10 du papier ou du tissu isolant, dont au moins une des faces est au moins partiellement enduite d'un matériau de liaison 76. Par exemple seule la face tournée vers les spires du bobinage 32 est au moins partiellement enduite d'un matériau de liaison 76. Avantageusement les deux faces de l'élément de structure sont
15 enduites d'un matériau de liaison 76 chimiquement compatible avec le premier matériau de liaison.

 Le matériau de liaison 73 de la couche 72 de liaison qui enrobe la couche 36 des éléments conducteurs 34 est dans une forme de réalisation identique au matériau de liaison 76 qui
20 enduit la feuille isolante 44.

 En variante les matériaux de liaison 73 et 76 sont compatibles chimiquement et thermiquement pour optimisation de leur fonction spécifique. Le matériau 76 est ainsi choisi pour une bonne fonction de liaison avec le corps 22 et l'élément de
25 liaison 73 est choisi pour un bon remplissage amélioré par la présence de l'élément de liaison 76.

 L'élément de structure 74 peut aussi être imprégné par le matériau de liaison 76. Ainsi, lorsque l'élément de structure 74 est du tissu ou un élément non-tissé analogue, le matériau de
30 liaison 76 recouvre ses faces et pénètre au moins partiellement entre les fibres constituant l'élément de structure 74.

 Les matériaux de liaison peuvent par exemple comporter un polymère.

 Le polymère peut être du type thermodurcissable qui
35 conserve ses caractéristiques mécaniques après sa polymérisation au moins jusqu'à la température maximale de fonctionnement de

l'alternateur 10 ou du type thermoplastique dont la température de fusion est supérieure à la température maximale de fonctionnement de l'alternateur 10.

Etant donné que le matériau de liaison 73 enrobe les
5 éléments conducteurs 34 revêtus de la couche 36 en matériau isolant électrique, l'étape d'imprégnation des bobinages électriques 32 et 62 du procédé de fabrication du stator 14 et du rotor 16 de l'alternateur 10 selon l'état de la technique est supprimée, ce qui permet de diminuer le temps de fabrication de
10 l'alternateur de plusieurs minutes, voire de plusieurs dizaines de minutes.

L'utilisation de vernis provoque des émissions de vapeur polluantes, notamment lors de son chauffage. La mise en œuvre de matériaux de liaison 73, 76 différents sur l'élément conducteur
15 34 revêtu, permet la suppression de l'utilisation de vernis et la diminution voir la suppression des rejets atmosphériques polluants.

Dans la suite de la description, on considérera que le matériau de liaison 73 de la couche 72 et le matériau de liaison
20 76 sont identiques.

Le procédé de fabrication de l'alternateur 10 selon l'invention propose ainsi que l'étape d'enroulement de l'élément conducteur 34 revêtu et enrobé soit suivie d'une étape de changement d'état du matériau de liaison qui provoque son
25 ramollissement ou sa fusion pour qu'il remplisse au moins partiellement les interstices existants entre les tronçons adjacents de l'élément conducteur 34 puis qui provoque à nouveau sa solidification et lie entre eux les tronçons adjacents de l'élément conducteur 34.

30 L'étape de changement d'état correspond à une modification de la structure du matériau de liaison, c'est-à-dire un mouvement de certains des atomes le constituant les uns par rapport aux autres.

Selon un premier mode de réalisation de l'invention,
35 l'étape de changement d'état du matériau comporte une étape de chauffage de la couche 72 de liaison à une température de

durcissement qui est supérieure ou égale à la température de fusion du matériau de liaison, de façon à le faire fondre ou ramollir pour qu'il coule ou flue de façon à remplir de préférence quasi entièrement les interstices existants entre les tronçons adjacents de l'élément conducteur.

L'étape de chauffage est suivie d'une étape de refroidissement au cours de laquelle le matériau de liaison se durcit ou se solidifie à nouveau.

La température de durcissement ou de solidification du matériau de liaison est la température à partir de laquelle la structure du matériau est modifiée de façon que le matériau permette la liaison des éléments avec lequel il est au moins partiellement en contact.

Ainsi, lorsque le polymère est de type thermodurcissable, on appellera dans la suite de la description ainsi que dans les revendications température de durcissement sa température de réticulation.

Ainsi, lorsque le polymère est de type thermoplastique, on appellera dans la suite de la description ainsi que dans les revendications température de durcissement sa température de fusion.

Lorsque le matériau de liaison est un polymère, les étapes de chauffage et de refroidissement permettent sa polymérisation et sa solidification qui assure la liaison rigide des tronçons adjacents de l'élément conducteur 34 revêtus entre ainsi qu'avec la feuille isolante 44, avantageusement thermoconductrice.

Lorsque la feuille isolante 44 est enduite d'un matériau de liaison 76 tel qu'un polymère, les étapes de chauffage à une température supérieure ou égale à la température de durcissement du matériau de liaison 76 et de refroidissement permettent de la lier au corps 22 du stator 14 et de renforcer sa liaison avec les tronçons adjacents de l'élément conducteur 34 revêtu.

Le matériau de liaison étant réparti de façon sensiblement régulière sur la couche 36 de matériau isolant électrique et sur et/ou dans l'élément de structure 74, sa

fusion ou son ramollissement durant l'augmentation de température permet un remplissage de préférence homogène des interstices 40 existant entre les tronçons adjacents de l'élément conducteur 34 revêtu, et entre les tronçons adjacents de l'élément conducteur 34 revêtu et la feuille isolante 44. Ainsi, après avoir chauffé le matériau de liaison à une température supérieure ou égale à la température de durcissement du matériau de liaison 76, lors de son refroidissement et de sa solidification, les tronçons adjacents de l'élément conducteur 34 revêtu et la feuille isolante 44 sont fortement liés entre eux et forment un ensemble rigide. Grâce à l'invention la feuille 44 peut avoir une faible épaisseur.

Bien entendu la feuille isolante 74 et la couche de matériau isolant électrique sont choisies pour résister à l'étape de chauffage.

Le matériau de liaison recouvre alors de préférence intégralement le bobinage 32 en assurant ainsi sa protection contre les pollutions extérieures telles que des poussières. Il assure aussi le maintien mécanique et la rigidification de l'élément conducteur 34 revêtu.

Le matériau de liaison permet encore une conduction thermique améliorée.

La face de la feuille isolante 44 qui est en contact avec la paroi 49 de l'encoche axiale 28 peut être recouverte du matériau de liaison 76. Ainsi après le chauffage du matériau de liaison 76 à une température supérieure ou égale à sa température de durcissement, le refroidissement et la solidification du matériau de liaison 76, permet au corps 22 du stator 14 et à la feuille isolante 44 d'être fortement liés entre eux et de former un ensemble rigide.

L'invention propose aussi, concomitamment à l'étape de refroidissement, de mettre en forme de façon déterminée les bobinages électriques 32 et/ou 62 au moyen d'un outil de conformage 78 qui exerce un effort sur au moins une zone d'un bobinage 32, 62 de façon à la déformer. Ainsi, lorsque l'étape de refroidissement est terminée, les bobinages électriques 32

et/ou 62 ont une forme déterminée qui est irréversible aux températures de fonctionnement de l'alternateur 10.

L'application de l'effort sur au moins une zone d'un bobinage 32, 62 peut avantageusement débiter avant ou pendant
5 l'étape de chauffage et durer jusqu'au durcissement ou à la solidification du matériau de liaison 76.

Ainsi, à l'issue de l'étape d'enroulement le stator 14 est placé dans un outil de conformage 78 représenté à la figure 5.

10 L'outil de conformage 78 qui est avantageusement en matériau isolant thermique et électrique comporte une symétrie par rapport un plan médian transversal P. Dans la suite de la description on ne décrira que la partie gauche de l'outil de conformage 78 par rapport au plan médian P en référence à la
15 figure 6.

L'outil de conformage 78 comporte une première matrice 80 périphérique extérieure fixe dans lequel le corps 22 du stator 14 est centré. Une seconde matrice 82 intérieure est mobile selon une direction radiale. La première matrice 80 est en deux
20 parties pour venir en contact avec les extrémités du corps 22 et immobiliser axialement celui-ci.

La seconde matrice 82 permet d'exercer un effort sur la face annulaire axiale 84 du chignon 39. Elle comprime alors les tronçons de l'élément conducteur électrique 34 revêtu et enrobé
25 formant chignon 39 contre les faces intérieures 86 de la première matrice 80, conformément à la figure 7. Cette deuxième matrice 82 est également en deux parties mobiles radialement en sens inverse l'une par rapport à l'autre.

Ensuite, le matériau de liaison est chauffé à une
30 température supérieure ou égale à sa température de durcissement, de façon à provoquer sa fusion ou son ramollissement, et son durcissement ou sa polymérisation, notamment lorsque le matériau est un polymère. La mise sous contrainte des chignons 39 associés au remplissage des interstices 40, notamment par le
35 matériau de liaison 73 de la couche de liaison 72, permettent un resserrement des tronçons de l'élément conducteur électrique 34

revêtu, conformément à la figure 8, et une modification des dimensions extérieures des chignons 39 du stator 14.

La forme du chignon 39 correspond alors sa forme optimale qui permet de minimiser l'encombrement du stator 14 dans
5 l'alternateur 10.

Lors des étapes de chauffage et/ou de refroidissement, la forme optimale du stator 14 est figée de façon irréversible aux températures de fonctionnement de l'alternateur 10.

Ainsi les dimensions exactes du stator 14 sont
10 déterminées précisément et elles sont reproductibles lors d'un processus de fabrication en grande série.

La seconde matrice 82 cesse alors d'exercer l'effort sur le chignon 39 puis l'outil de conformage 78 est ouvert de façon à en extraire le stator 14.

15 La maîtrise des dimensions du stator 14 permet de supprimer les risques de frottement d'un tronçon de l'élément conducteur électrique 34 revêtu sur le carter 12 de l'alternateur 10, et donc de supprimer l'usure de la couche 36 et les risques de court-circuit.

20 On appréciera que les chignons 39 puissent venir au plus près des paliers ajourés respectivement avant et arrière du carter 12 grâce aux secondes matrices 82 des figures 6 et 7. Cela permet de réduire la taille du carter 12, et donc de gagner de la matière, ainsi que de réduire l'encombrement. Bien
25 entendu, toutes les combinaisons sont possibles, l'un au moins des bobinages du stator 14 et du rotor 16 étant enrobé d'une couche de liaison 72. Le rotor 16 peut être en variante un rotor à pôles saillants et comporter plus d'un bobinage.

De façon similaire, les dimensions extérieures du
30 bobinage 62 du rotor 16 sont déterminées par un outil de conformage 93. Cet outil de conformage 93 comporte donc également une première matrice 95 en deux parties et une seconde matrice 98, cette fois-ci radialement extérieure, en deux parties mobiles radialement l'une par rapport à l'autre, cette
35 fois-ci en direction de l'axe de l'arbre 18.

La première matrice 95 permet d'immobiliser le noyau 67, ces parties étant disposées de part et d'autre du noyau 67 au contact des extrémités axiales de celui-ci. La première matrice 95 consiste en deux flasques transversaux disposés de part et d'autre du noyau 67. Ces flasques sont dotés d'une surépaisseur sur leur périphérie radiale afin de centrer le noyau 67 et de définir le jeu J1 de la figure 1.

L'outil de conformage peut aussi donner une forme particulière au bobinage 62. La deuxième matrice 98 présente donc deux parties ayant chacune intérieurement une forme creuse, ici en forme de V, pour accroître la taille du bobinage 62.

La figure 9 représente le bobinage 62 du rotor 16. Sa face 90 périphérique annulaire extérieure est de forme convexe, ici avec un profil en forme de V. De plus, le bobinage 62 comporte des empreintes 92, qui sont réalisées par l'outil de conformage, pendant l'étape de chauffage et/ou l'étape de refroidissement, qui est mobile radialement, de façon à optimiser l'encombrement du bobinage 62. En effet, les empreintes 92 permettent le passage des griffes 68 et 70 des plateaux 64 et 66. Ainsi le volume du bobinage 62 peut être augmenté sans que l'encombrement total du rotor 16 soit modifié. Le rendement de l'alternateur 10 est alors augmenté.

Le procédé selon l'invention permet aussi de supprimer le corps de bobine 65 ainsi que d'augmenter la taille du bobinage. En effet, lors de l'étape d'enroulement, l'élément conducteur électrique 34 revêtu et enrobé peut être guidé transversalement par les deux flasques transversaux 94 et 96 qui déterminent la largeur du bobinage 62, conformément à la figure 10. Les deux flasques transversaux 94 et 96 maintiennent l'élément conducteur électrique 34 revêtu et enrobé jusqu'à la fin de l'étape de refroidissement après que l'élément de liaison 76 ait été chauffé à une température supérieure ou égale à sa température de durcissement. La deuxième matrice 98 permet d'exercer un effort radial sur au moins une zone annulaire axiale du bobinage 62 de façon à la déformer pour déterminer sa forme extérieure,

notamment son diamètre. Les flasques transversaux 94, 96 ainsi que la matrice 98 sont ensuite escamotées axialement.

De façon similaire il est possible de déformer au moins l'une des zones de l'un ou moins des chignons 39. De façon à
5 déterminer sa forme extérieure.

Une zone annulaire radiale du bobinage 32 peut être déformée de façon à réaliser un creux de forme complémentaire à un élément axial (non représenté) qui s'étend sur une face intérieure d'une paroi transversale du carter 12 en direction du
10 stator 14. Un tel creux permet alors de diminuer globalement les dimensions axiales de l'alternateur 10 est ainsi de réduire son encombrement.

Le bobinage 62 est ici réalisé directement sur le noyau 67. Les étapes de chauffage et de refroidissement permettent au
15 matériau de liaison de lier le bobinage 62 au noyau 67.

Le bobinage 62 peut aussi être réalisé sur une pièce intermédiaire de laquelle il est séparé après le durcissement de son matériau de liaison. Il est ensuite assemblé par un montage serré sur le noyau 67.

20 La suppression du corps de bobine 65 permet d'une part de diminuer le nombre de pièces du rotor 16, ce qui diminue son coût de fabrication, mais aussi d'augmenter les échanges thermiques entre le bobinage 62 et l'extérieur, augmentant ainsi le rendement de l'alternateur 10.

25 L'augmentation des échanges thermiques permet aussi de réduire le besoin de refroidissement de l'alternateur 10, et par conséquent permet de diminuer la dimension des ailettes de refroidissement des ventilateurs avant 102 et arrière 104 représentés à la figure 1, voire de supprimer au moins l'un des
30 ventilateurs avant 102, arrière 104 notamment le ventilateur avant 102.

La suppression du corps de bobine 65 permet aussi, soit de diminuer le volume du rotor 16 tout en conservant la même puissance de l'alternateur 10, soit d'augmenter la puissance de
35 l'alternateur 10 en augmentant les dimensions du bobinage 62 tout en conservant le volume du rotor 16.

Le chignon arrière 39 peut être plus long que le chignon 39 avant.

Pour diminuer ou supprimer les risques de court-circuit entre le bobinage 62 et le noyau 67 et/ou améliorer leur liaison, il est avantageux d'interposer entre ces deux éléments une feuille en matériau isolant électrique 100 similaire à la feuille 44 isolante du stator 14. La feuille en matériau isolant électrique 100 est moins épaisse que le corps de bobine 65 et est avantageusement enduite ou imprégnée au moins partiellement d'un matériau de liaison qui peut être identique au matériau de liaison 76. De préférence les deux faces de la feuille 100 sont revêtues d'un matériau de liaison en sorte que le matériau de liaison permet aussi de lier le bobinage 62 et le noyau 67. Le matériau de liaison de la feuille 100 est donc de préférence du type thermoplastique, dont la température de fusion est supérieure à la température maximale de fonctionnement de la machine ou avantageusement du type thermodurcissable ce qui permet d'augmenter la fiabilité de la machine. De manière précitée le matériau de liaison est un polymère.

Avantageusement les feuilles 44, 100 sont thermiquement conductrices pour favoriser l'évacuation de la chaleur respectivement vers le corps 22 et vers le noyau 67. Ces feuilles ont une faible épaisseur.

Le procédé selon l'invention permet de diminuer le volume occupé par les bobinages 32 et 62 ce qui diminue leur volume. Par conséquent, cela diminue l'émission de bruit aéraulique lors du fonctionnement de l'alternateur 10.

La raideur du matériau de liaison 73, 76 utilisé est avantageusement plus faible que celle du vernis utilisé selon l'état de la technique. Ceci permet de diminuer la raideur de l'ensemble constitué par l'un au moins des bobinages 32, 62 et les éléments auxquels il est lié par le matériau de liaison 73, 76, ce qui diminue notamment le bruit magnétique émis par l'alternateur 10 tout en résistant aux contraintes mécaniques, notamment vibratoires.

De plus, le matériau de liaison 73, 76 utilisé est de préférence insensible aux variations de températures dans la plage de température de fonctionnement de l'alternateur 10. Ainsi, le niveau de bruit magnétique émis par l'alternateur 10
5 est sensiblement constant au cours du fonctionnement de l'alternateur 10.

Le procédé selon l'invention permet aussi de diminuer les dispersions des dimensions des enroulements 32 et 62 du stator 14 et du rotor 16. Ainsi il est possible de diminuer les jeux de
10 fonctionnement J1 et J2 entre le bobinage 62 et les plateaux 64, 70 et les griffes 68, 70 respectivement, ainsi que les jeux J3 et J4 entre le stator 14 et les ventilateurs 102, 104 respectivement, ce qui diminue encore l'encombrement de l'alternateur 10. En pratique, le jeu J1 est inférieur de
15 préférence à l'épaisseur du corps de bobine 65. Grâce à l'invention, on maîtrise les jeux.

Le procédé permet encore de diminuer les jeux de fonctionnement J5 et J6 existant radialement et axialement respectivement entre les chignons 39 du stator 14 et le carter
20 12.

Le durcissement du matériau de liaison est obtenu par l'étape de chauffage qui peut consister à chauffer le matériau de liaison par étuvage de façon à porter sa température à une température supérieure ou égale à sa température de
25 durcissement.

Selon une variante, l'étape de chauffage consiste à échauffer l'élément conducteur électrique 34 revêtu et enrobé par effet Joule de façon à porter la température du matériau de liaison à une température supérieure ou égale à sa température
30 de durcissement. La température doit être suffisamment élevée et le chauffage doit durer suffisamment longtemps pour que le matériau de liaison 76 qui enduit la feuille isolante 44,100 atteigne lui aussi sa température de durcissement. Cela est réalisé par exemple en faisant circuler du courant d'une
35 intensité suffisante dans le conducteur électrique du bobinage 32 et/ou 62 pour provoquer un échauffement. Bien entendu la

température de l'élément conducteur doit dans tous les cas rester inférieure à une température maximale pour ne pas endommager la couche du matériau isolant électrique 36.

Cette solution présente plusieurs avantages.

5 Elle nécessite des moyens simples consistant en une alimentation électrique au travers de l'élément conducteur électrique 34 qui fournit une intensité suffisamment élevée pour chauffer le matériau de liaison à une température supérieure ou égale à sa température de durcissement, limitant fortement les
10 investissements.

Elle permet de ne chauffer que l'élément conducteur électrique 34, la couche 36 en matériau isolant électrique, ainsi que la couche de liaison 72, ce qui réduit l'énergie consommée et limite l'échauffement des éléments tels que le
15 corps 22 du stator 14 et le noyau 67 du rotor 16. La montée en température de l'élément conducteur électrique 34 et par conséquent du matériau de liaison 73 est très rapide, de l'ordre de quelques secondes.

Le chauffage du matériau de liaison 76 de la feuille
20 isolante 44 peut être obtenu par l'énergie dégagée par l'élément conducteur électrique 34.

Ainsi les étapes d'imprégnation et de chauffage, qui durent 3 à 4 heures selon l'état de la technique, sont réduites à une étape unique de chauffage d'une durée d'une dizaine de
25 secondes.

Selon d'autres variantes, le durcissement du matériau de liaison peut être obtenu par échauffement de l'élément conducteur 34 revêtu et enrobé par un procédé d'induction en plaçant le bobinage 32, 62 dans un champ magnétique.

30 Selon un deuxième mode de réalisation de l'invention, l'étape de changement d'état consiste à projeter une substance réactive sur au moins une partie de l'un des matériaux de liaison. La substance relative provoque alors le ramollissement ou la fusion du matériau de liaison puis provoque à nouveau sa
35 solidification.

Lorsque le matériau de liaison est un polymère du type thermoplastique, la substance réactive est avantageusement de l'alcool.

La liaison entre eux la feuille 44 isolante et des tronçons adjacents de l'élément conducteur 34 et/ou l'organe 14, 16 sur lequel est réalisé le bobinage 32, 62 présentes les mêmes avantages que ceux décrit précédemment pour le premier mode de réalisation.

De façon similaire au premier mode de réalisation, il est avantageux d'effectuer une mise en forme déterminée de l'un au moins des bobinages 32, 62 au moyen d'un outil de conformage 78, 93 qui exerce un effort sur au moins une zone du bobinage de façon à la déformer concomitamment à l'étape de changement d'état.

La description qui précède décrit un alternateur 10 ainsi que le procédé de fabrication de son stator 14 et de son rotor 16. Cependant l'invention porte de façon similaire sur une machine électrique tournante d'un autre type, telle qu'un moteur électrique, et sur le procédé de fabrication de ses organes comportant un bobinage.

Grâce à l'invention permettant la tenue des bobinages à la chaleur ainsi qu'une meilleure évacuation de la chaleur, notamment par une meilleure maîtrise des jeux et par la suppression du corps de bobine, on peut supprimer l'un des ventilateurs portés par le rotor. Par exemple, on peut supprimer le ventilateur avant de la figure 1. Le chignon arrière 39 peut être plus long que le chignon 39 avant.

Ainsi, il ressort à l'évidence de la description et des figures que les performances des bobinages électriques 32 et/ou 62 sont augmentées du fait que ceux-ci peuvent occuper au mieux les espaces disponibles, notamment en ce qui concerne le bobinage 62 qui peut venir au plus près de la périphérie interne des griffes axiales 68, 70 et des faces radiales en vis-à-vis des roues polaires 64, 66 du rotor 16.

Il est possible de former un sous-ensemble manipulable et transportable comprenant le bobinage 62 et le noyau 57.

Bien entendu, en variante le bobinage 62 peut avoir une forme de tonneau à sa périphérie externe.

De manière précitée l'élément électriquement conducteur est lors d'une étape enroulé en spires de façon à former le bobinage électrique 32,62. Cette étape est suivie d'une étape de
5 changement d'état du matériau de liaison comportant elle-même une étape de chauffage, notamment par effet Joule, de l'élément conducteur qui provoque le ramollissement ou la fusion du matériau de liaison pour remplir au moins partiellement, de
10 préférence complètement, les interstices existants entre les tronçons adjacents de l'élément conducteurs puis une étape de refroidissement qui provoque à nouveau la solidification ou le durcissement du matériau de liaison pour lier entre eux les tronçons adjacents de l'élément conducteur avec lesquels il est
15 en contact.

L'étape de chauffage consiste donc à échauffer l'élément électriquement conducteur par exemple par effet Joule à de façon à porter la température du matériau de liaison à une température supérieure ou égale à sa température de durcissement. Ainsi
20 lorsque le matériau de liaison est un polymère du type thermodurcissable sa température de durcissement est sa température de réticulation, tandis que lorsque le matériau de liaison est un polymère du type thermoplastique sa température de durcissement est sa température de fusion.

25 Suivant une caractéristique dans une forme de réalisation l'étape de changement d'état est précédée d'une étape de préchauffage du corps 22 du stator 14 et/ou du noyau 67, de façon à limiter les gradients de température dans le bobinage. En effet le corps 22 et le noyau 67 sont métalliques et
30 relativement épais en sorte qu'au voisinage de ce corps et de ce noyau la température de l'élément de liaison peut être plus basse Grâce au préchauffage la température est plus homogène.

Par exemple le préchauffage est réalisé par induction ou est obtenu par un rayonnement infrarouge ou chauffage des spires
35 du bobinage par effet Joule (circulation de courant) à une

température inférieure à la température de durcissement du matériau de liaison.

Dans les réalisations des figures 11 à 14 on préchauffe le noyau 67 en forme de rondelle épaisse. Cette préchauffe est effectuée par exemple à une température d'au moins 80°, ici de l'ordre de 100°, jusqu'à une limite supérieure égale à la température de durcissement du matériau de liaison. Au cours de cette étape la température du bobinage 62 évolue de manière similaire à celle du noyau 67. Dans ces figures on a représenté la feuille 100 ici très fine. Cette feuille est revêtue de manière précitée d'un matériau de liaison ici identique au matériau de liaison de l'élément électriquement conducteur 118 par exemple en cuivre et donc des spires du bobinage 62. La température de durcissement du matériau de liaison est ici de l'ordre de 200°. La feuille 100 est en matériau thermiquement conducteur. Le chauffage par effet Joule, réalisé par circulation de courant dans la bobinage 62, dure ici environ 30 secondes ce qui permet de porter les spires extérieures du bobinage 62 à une température de 240° supérieure à la température de durcissement.

Le préchauffage est réalisé par induction dans les figures 11 et 12, le noyau étant réalisé en acier magnétique de manière qu'il chauffe lorsqu'il est soumis à un champ magnétique alternatif.

A la figure 11 une bobine d'induction 40 entoure le bobinage 118 monté via la feuille électriquement isolante sur le noyau 67. Cette bobine consiste en un enroulement tubulaire 44, ici à quatre spires, d'un fil conducteur 46. Le diamètre intérieur de l'enroulement 44 est légèrement supérieur au diamètre extérieur du bobinage 62. Lorsque la bobine 40 est alimentée par un courant alternatif il y a création d'un champ magnétique provoquant le préchauffage du noyau 67.

La bobine 40 en variante consiste en un enroulement en spirale agencée à proximité d'une face latérale du noyau. Pour optimiser le préchauffage du noyau on prévoit, comme visible à

la figure 12 d'agencer, une bobine 40 à enroulement à spirale 48 à proximité de chaque face latérale 50 du noyau 67.

Bien entendu le bobinage 62 est en variante utilisé pour constituer la bobine d'induction. Cela est applicable également
5 au bobinage 32.

L'élément conducteur du bobinage 62 est alimenté lors de l'étape de préchauffage par un courant alternatif par exemple inférieur à 50A de façon à maîtriser l'échauffement de l'élément conducteur par effet Joule. Lors de l'étape de changement d'état
10 l'élément conducteur est alimenté par un courant continu avec une intensité plus élevée ($> 30A$) pour permettre un changement d'état rapide du matériau de liaison.

En variante l'élément conducteur est alimenté lors du préchauffage en courant continu permettant un chauffage de
15 l'élément conducteur du bobinage jusqu'à une température inférieure à la température de durcissement de l'élément de liaison, puis comme précédemment en un autre courant continu d'intensité supérieure pour permettre le chauffage de l'élément conducteur à une température supérieure à celle de l'élément de
20 liaison. On maîtrise ainsi bien l'évolution de la température.

A la figure 13 le préchauffage du noyau 67 est obtenu par à l'aide d'émetteur 52 à rayonnement infrarouge implantés à proximité des faces latérales 50 du noyau 67.

Bien entendu comme visible à la figure 14 le dispositif
25 de préchauffage 54, par exemple du type résistance chauffante, est agencé dans l'ouverture centrale du noyau 67.

Ces dispositions sont applicables au stator 14 et à son bobinage 32.

Bien entendu cela est surtout intéressant pour le noyau 67 du
30 rotor car le bobinage qu'il porte à une hauteur plus importante en sorte que les effets de gradient de température sont plus importants.

On peut se passer d'une telle étape notamment lors que la
feuille 100 n'est pas thermiquement conductrice et/ou lorsque la
35 hauteur du bobinage est plus faible.

REVENDICATIONS

1. Machine électrique tournante du type qui comporte au
5 moins un organe (14, 16) sur lequel est réalisé au moins un
bobinage électrique (32, 62) comprenant au moins un élément
conducteur électrique (34) qui est enroulé de façon à former le
bobinage, et qui est revêtu d'au moins une couche (36) en
matériau isolant électrique, caractérisé en ce que,
10 préalablement à l'étape d'enroulement, l'élément conducteur (34)
revêtu est enrobé d'une couche de liaison (72) qui comporte au
moins un premier matériau de liaison (73) qui permet de lier
entre eux des tronçons adjacents d'élément conducteur électrique
(34) enrobé, en ce qu'une feuille (44,100) isolante électrique
15 est interposée entre le bobinage (32, 62) et l'organe (14, 16)
sur lequel est réalisé le bobinage (32, 62) et en ce que la
feuille (44,100) isolante comporte un élément de structure (74)
isolant électrique dont au moins une des faces est au moins
partiellement enduite d'un second matériau de liaison (76) de
20 façon à lier la feuille (44) isolante au bobinage (32, 62) et/ou
à l'organe (14, 16) sur lequel est réalisé le bobinage (32, 62).

2. Machine électrique tournante selon la revendication 1,
caractérisée en ce que l'élément de structure (74) est imprégné
au moins partiellement par le second matériau de liaison (76).

25 3. Machine électrique tournante selon la revendication 1,
caractérisée en ce que le second matériau de liaison (76) est
identique au premier matériau de liaison (73).

4. Machine électrique tournante selon la revendication 1,
caractérisé en ce que l'élément de structure (74) est une
30 feuille de papier isolant électrique.

5. Machine électrique tournante selon la revendication 1,
caractérisé en ce que l'élément de structure (74) est du tissu
isolant électrique.

6. Machine électrique tournante selon la revendication 1,
35 caractérisée en ce que l'un au moins des matériaux de liaison
(73, 76) comporte un polymère.

7. Machine électrique tournante selon la revendication précédente, caractérisée en ce que le polymère est du type thermodurcissable.

5 8. Machine électrique tournante selon la revendication 6, caractérisée en ce que le polymère est du type thermoplastique dont la température de fusion est supérieure à la température maximale de fonctionnement de la machine électrique tournante.

9. Machine électrique tournante selon la revendication 1, caractérisée en ce que l'organe (14, 16) sur lequel est réalisé
10 au moins un bobinage (32, 62) est un stator (14).

10. Machine électrique tournante selon la revendication 1, caractérisée en ce que l'organe (14, 16) sur lequel est réalisé au moins un bobinage (32, 62) est un rotor (16).

11. Machine électrique tournante selon la revendication
15 1, caractérisée en ce qu'elle est un alternateur (10).

12. Procédé de fabrication d'un organe (14, 16) d'une machine électrique tournante sur lequel est réalisé au moins un bobinage (32, 62) électrique comprenant au moins un élément conducteur électrique (34) qui est enroulé de façon à former le
20 bobinage (32, 62), et qui est revêtu d'au moins une couche (36) en matériau isolant électrique, du type qui comporte une étape d'enroulement de l'élément conducteur (34) de façon à former le bobinage (32, 62) électrique, caractérisé en ce que, préalablement à l'étape d'enroulement, l'élément conducteur (34)
25 revêtu est enrobé d'une couche de liaison (72) qui comporte au moins un premier matériau de liaison (73) qui permet de lier entre eux deux tronçons adjacents d'élément conducteur électrique (34) enrobé, en ce que l'étape d'enroulement est suivie d'une étape de changement d'état du matériau de liaison
30 (73) qui provoque son ramollissement ou sa fusion pour qu'il remplisse au moins partiellement les interstices existants entre les tronçons adjacents de l'élément conducteur (34) puis qui provoque à nouveau sa solidification et lie entre eux les tronçons adjacents de l'élément conducteur (34), en ce qu'une
35 feuille (44) isolante électrique qui comporte un élément de structure (74) au moins partiellement enduit ou imprégné d'un

second matériau de liaison (76) est interposée entre le bobinage (32, 62) et l'organe (14, 16) sur lequel est réalisé le bobinage (32, 62), en ce que, lors de l'étape de changement d'état, le second matériau de liaison (76) est ramolli ou fondu puis est
5 solidifié à nouveau, et lie entre eux la feuille (44) isolante et des tronçons adjacents de l'élément conducteur (34) et/ou l'organe (14, 16) sur lequel est réalisé le bobinage (32, 62).

13. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que l'un au moins du premier ou du second
10 matériau de liaison (73, 76) comporte un polymère, et en ce que l'étape de changement d'état provoque sa polymérisation.

14. Procédé selon la revendication 12, caractérisé en ce que concomitamment à l'étape de changement d'état, on effectue une mise en forme déterminée du bobinage (32, 62) au moyen d'un
15 outil de conformage (78, 93) qui exerce un effort sur au moins une zone du bobinage (32, 62) de façon à la déformer.

15. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'on effectue une mise en forme déterminée du bobinage (32, 62) au moyen d'un outil de conformage (78, 93) qui
20 exerce au moins un effort radial sur au moins une zone annulaire axiale du bobinage (32, 62) de façon à la déformer et à déterminer au moins un diamètre du bobinage (32, 62).

16. Procédé selon la revendication 14, caractérisé en ce qu'on effectue une mise en forme déterminée du bobinage (32, 62)
25 au moyen d'un outil de conformage (78, 93) qui exerce un effort axial sur au moins une zone annulaire radiale du bobinage (32, 62) de façon à la déformer et à déterminer la dimension axiale du bobinage (32, 62).

17. Procédé selon la revendication 14, caractérisé en ce qu'on effectue une mise en forme déterminée du bobinage (32, 62)
30 au moyen d'un outil de conformage (78, 93) qui exerce un effort sur une face périphérique annulaire du bobinage (32, 62) de façon à la conformer selon une forme convexe.

18. Procédé selon la revendication 14, caractérisé en ce qu'on effectue une mise en forme déterminée du bobinage (32, 62)
35 au moyen d'un outil de conformage (78, 93) qui déforme le

bobinage (32, 62) de façon à réaliser au moins une empreinte (92) sur une face périphérique, notamment un creux réalisé sur une face périphérique (90) annulaire extérieure permettant le passage d'au moins une griffe (68, 70) axiale d'une roue polaire (64, 66), lorsque l'organe (14, 16) est un rotor (16) et que la machine électrique tournante (10) est un alternateur (10).

19. Procédé selon la revendication 14, caractérisé en ce que l'étape de changement d'état comporte une étape de chauffage de la couche de liaison (72) à une température de durcissement supérieure ou égale à la température de fusion du premier matériau de liaison (73), de façon à le faire fondre pour qu'il remplisse au moins partiellement les interstices existants entre les tronçons adjacents de l'élément conducteur (34), et d'une étape de refroidissement au cours de laquelle le premier matériau de liaison (73) se solidifie à nouveau et lie entre eux les tronçons adjacents de l'élément conducteur (34).

20. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que, lors de l'étape de chauffage, le second matériau de liaison (76) qui enduit ou imprègne l'élément de structure (74) de la feuille (44) est porté à une température supérieure à sa température de fusion, et en ce que, lors de l'étape de refroidissement, le second matériau de liaison (76) se solidifie à nouveau et lie entre eux la feuille (44) isolante et des tronçons adjacents de l'élément conducteur (34) et/ou l'organe (14, 16) sur lequel est réalisé le bobinage (32, 62).

21. Procédé selon la revendication 20, caractérisé en ce que, concomitamment à l'étape de refroidissement, on effectue une mise en forme déterminée du bobinage (32, 62) au moyen d'un outil de conformage (78, 93) qui exerce un effort sur au moins une zone du bobinage (32, 62) de façon à la déformer.

22. Procédé selon la revendication 19, caractérisé en ce que l'étape de chauffage consiste à échauffer l'élément conducteur électrique (34), au moins partiellement, par effet Joule de façon à porter la température d'au moins un des matériaux de liaison (73, 76) à une température supérieure ou égale à sa température de durcissement.

23. Procédé selon la revendication 19, caractérisé en ce que l'étape de chauffage consiste à échauffer l'élément conducteur électrique (34), au moins partiellement, par induction en plaçant le bobinage (32, 62) dans un champ magnétique, de façon à porter la température d'au moins un des matériaux de liaison (73, 76) à une température supérieure ou égale à sa température de durcissement.

24. Procédé selon la revendication 19, caractérisé en ce que l'étape de chauffage consiste à chauffer au moins un des matériaux de liaison (73, 76), au moins partiellement, par étuvage de façon à porter la température d'au moins un des matériaux de liaison (73, 76) à une température supérieure ou égale à sa température de durcissement.

25. Procédé selon la revendication 19, caractérisé en ce que l'étape de changement d'état consiste à projeter une substance réactive telle que de l'alcool sur au moins l'un des matériaux de liaison (73, 76), de façon qu'elle provoque son ramollissement ou sa fusion puis qu'elle provoque à nouveau sa solidification.

26. Procédé selon la revendication 12, caractérisé en ce que l'étape de changement d'état est précédée d'une étape de préchauffage de l'organe.

ABRÉGÉ

**"Machine électrique tournante et procédé de fabrication
d'un organe la constituant"**

5

L'invention propose une machine électrique tournante du type qui comporte au moins un organe (14) sur lequel est réalisé au moins un bobinage électrique (32) comprenant au moins un élément conducteur électrique (34) qui est enroulé de façon à former le bobinage, et qui est revêtu d'au moins une couche (36) en matériau isolant électrique, caractérisé en ce que l'élément conducteur (34) revêtu est enrobé d'une couche de liaison (72) qui comporte au moins un premier matériau de liaison (73) qui permet de lier entre eux de tronçons adjacents d'élément conducteur électrique (34) enrobé.

L'invention propose aussi un procédé de fabrication d'un organe (14) d'une machine électrique tournante, caractérisé en ce qu'un élément conducteur (34) revêtu est enrobé d'une couche de liaison (72) qui comporte au moins un premier matériau de liaison (73) qui est chauffé et qui se solidifie de façon à lier entre eux les tronçons adjacents de l'élément conducteur (34).

25

Figure 1